

УДК

## **ГИГИЕНИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ОСТЕОТРОПНОСТИ СВИНЦА, КАК ФАКТОРА РИСКА КАЛЬЦИЙДЕФИЦИТНОЙ ПАТОЛОГИИ У ЧЕЛОВЕКА (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)**

Белецкая Э.Н., Онул Н.М., Безуб О.В.

Белецкая Э. Н. Гигиенические аспекты остеотропности свинца как фактора риска кальцийдефицитной патологии у человека (обзор литературы) / Э. Н. Белецкая, Н. М. Онул, О. В. Безуб // Медичні перспективи. - 2014. - Т. 19, № 2. - С. 130-138.

ГУ «Днепропетровская медицинская академия МЗ Украины»  
кафедра общей гигиены (зав. – д.мед.н., проф. Э.Н.Белецкая)  
49027 Украина, г. Днепропетровск, пл. Октябрьская, 4  
e-mail: enbelitska@mail.ru

Химическая агрессия техногенного загрязнения среды обитания человека, по мнению специалистов, является ведущим фактором риска для популяционного здоровья населения. Систематическое поступление контаминантов в сопредельные жизнеобеспечивающие среды - воздух, воду, почву, растительные и животные организмы, пищевые продукты по прямым и опосредованным миграционным цепям создает и комплексное, и комбинированное их влияние на организм. В огромной мере это касается соединений и веществ, обладающих способностью к кумуляции. При этом следует отметить, что именно химический фактор, с одной стороны, является наименее изученным в этом отношении, с другой стороны, - представляет наиболее существенную и резко возрастающую экологическую угрозу для здоровья человека.

Так, на заседании ООН (2011) обсуждался вопрос о регистрации в системе CAS - Chemical Abstrac Service, функционирующей с 1957г.,

поскольку в 2010 г. зарегистрировано более 50 млн, в основном, искусственно синтезированных веществ и их соединений, из которых 1/3 - за последние 8 лет. По данным Регламента Европейского союза REACH, только на европейском рынке присутствует уже около 150 тысяч соединений и лишь 15% из них в той или иной степени изучены в токсикологическом плане. По мнению Ю.А.Рахманина, Р.И.Михайловой (2014 г.) в Российской Федерации эта доля составляет 10-40% [27].

Воздействие химических веществ на человека в мировом масштабе приводит к огромным потерям жизни и здоровья населения. Так, только в 2004 году эти цифры составили 4,9 млн случаев смерти и 86 млн лет жизни, утраченных в результате смертности и инвалидности (ВОЗ, 2011г.), а в Европе, по данным Европейского химического агентства (ЕСНА-ЕХА), каждый третий случай заболевания связан с химическим фактором. Именно эти обстоятельства определили озабоченность тем, что "бремя и угрозы неинфекционных заболеваний создают главную проблему устойчивому развитию в XXI веке" (Международный Саммит «РИО+20»).

С позиций профилактической медицины в последние десятилетия учеными накоплен огромный материал, характеризующий техногенное загрязнение среды обитания человека химической природы и его влияние на организм. Прежде всего это касается промышленно развитых территорий и мегаполисов, где повышенный уровень загрязнения окружающей среды сочетается с высокой мобильностью населения, выраженным его расслоением по социально-экономическим стратам. Значительное место в этих исследованиях занимает макро- и микроэлементный состав организма, особенности обмена и баланса химических элементов, как информативный индикатор внешнесредовой нагрузки и риска для здоровья человека.

Отечественные и зарубежные ученые последние несколько десятилетий рассматривают организм человека как своеобразную аккумулирующую среду, химический состав которой достаточно изучен и продолжает активно

исследоваться в тесной взаимосвязи с внешнесредовыми воздействиями и, в первую очередь, негативного техногенного происхождения.

Учитывая то обстоятельство, что в организме человека костная ткань обладает наивысшими кумулятивными свойствами по отношению ко многим ксенобиотикам, в частности к группе тяжелых металлов, среди которых свинец лидирует по степени сродства к костной ткани, мы сочли целесообразным проанализировать отечественную и зарубежную литературу в данном направлении, актуальном с позиций профилактической медицины.

Как известно, свинец является природным токсичным металлом, который встречается в земной коре. Его широкое применение вызвало масштабное экологическое загрязнение биосферы, активное воздействие на людей и существенные проблемы общественного здравоохранения во многих странах мира. В процессе природной эмиссии в атмосферу ежегодно выделяется в среднем 27 тыс.т свинца, однако большая его часть поступает в окружающую среду в результате деятельности человека, т.е. антропогенного характера [18].

Важным источником экологического загрязнения биосферы свинцом являются его добыча, выплавка, промышленное производство и переработка вторичного сырья, использование свинцовых красок и этилированного бензина. По данным ВОЗ (2013г.) более трех четвертей глобального потребления свинца приходится на производство свинцово-кислых батарей для моторного транспорта. Наряду с этим, свинец применяется в различной продукции, например, в пигментах, красках, припое, витражах, хрустале, боеприпасах, керамической глазури, ювелирных изделиях, игрушках, а также в некоторой косметике и в народной медицине. Питьевая вода, поступающая по свинцовым трубам или трубам, соединенным свинцовым припоем, может содержать свинец.

Распространенность свинца в среде обитания человека в настоящее время носит глобальный характер. Несмотря на достаточно низкие

концентрации свинца, которые обнаруживаются в воздухе, воде, пищевых продуктах, этот токсикант является особо опасным для человека вследствие его способности к кумуляции в организме. Соединения свинца не разрушаются в почве, воде, растениях и организме животных, могут длительно сохраняться в объектах окружающей среды. Эти особенности постоянно подчеркивают практически все ведущие специалисты, изучающие проблему свинцового загрязнения [3, 10, 11, 12, 13, 19, 28, 30, 32, 34, 35].

В настоящее время содержание свинца в крови людей достигает таких уровней, которые способны вызвать серьезные изменения в организме. Уже сейчас отсутствует интервал между допустимыми концентрациями свинца в моче и крови и его естественным содержанием. В США отравления свинцом являются самой распространенной интоксикацией, связанной с загрязнением окружающей среды [22].

Учитывая цель обзора, мы сочли необходимым проанализировать доступные данные об особенностях накопления свинца в депонирующей его костной ткани организма человека, как информативного биосубстрата при внешнесредовых воздействиях.

Свинец особенно опасен из-за способности стойко накапливаться в кости и становиться источником поддержания повышенного его уровня в крови длительное время даже после прекращения внешней экспозиции [42], что позволяет считать содержание свинца в кости единственным надежным детерминантом загрязнения организма [45]. И если кровь, как динамическая система, отражает непосредственное влияние свинца на организм [43], то, учитывая способность данного элемента к накоплению, его содержание в депонирующих тканях характеризует постоянство и длительность поступления в организм [12, 29].

В организме свинец находится в двух видах. Рядом специалистов установлено, что большая часть свинца (90-95%) депонируется в костной ткани и является результатом длительного его поступления в организм даже

при низких внешних экспозициях и представляет собой стабильную фракцию [8, 28, 49, 53, 58]. При этом около 70% свинца в скелете приходится на трубчатые кости. Следует отметить, что период полувыведения абиотика из стабильной фракции в костях варьирует от 10 до 16 лет [38].

Свинец в организме находится в двух фракциях – стабильной, которая сосредоточена в костной ткани и обмениваемой фракции. Из 95% обмениваемой фракции свинца 5-10% сосредоточено в эритроцитах. В свою очередь, стабильная фракция свинца подразделяется на лабильную и инертную. Инертная фракция представлена отложением нерастворимых солей свинца в костной ткани, лабильная являет собой промежуточное звено инертной и обмениваемой фракций. При физиологическом стрессе и ацидозе может произойти мобилизация инертной фракции свинца из его депо, что увеличивает его содержание в крови. Поэтому повышение содержания свинца в крови человека может наблюдаться долгое время после окончания контакта с ним [12].

Установлено, что за сравнительно небольшой исторический период существования человечества на Земле в результате исследований многочисленных археологических останков, концентрация свинца в костях современного человека в 10-300 раз больше, чем в скелетах людей, живших 1600 лет назад [44].

В ставшей уже классической работе Эмсли Дж. (1993) [36] приведены данные о содержании свинца в организме современного человека, среднее количество которого во всем теле человека составляет 120 мг, от 3,6 до 30 мг/кг которого содержится в костной ткани, по данным [26] эта величина составляет 0,002-0,02%.

Учитывая то обстоятельство, что клинически витально определить содержание свинца во внутренних органах по понятным причинам затруднительно, поэтому для этих целей разработаны математические модели, которые позволяют рассчитать количество свинца в костях и мягких

тканях, если известно содержание металла в моче или крови и его концентрация в зоне дыхания человека [2, 23].

Следует подчеркнуть, что с позиций токсикологии процесс депонирования свинца в костной ткани не следует рассматривать как механическое его отложение. Под депонированием подразумевается особый вид распределения ксенобиотика в организме, механизм которого реализуется тремя видами: активный захват клетками ксенобиотика и его удержание, высокое сродство вещества к биомолекулам и высокая растворимость в липидах. Для депонирования свинца характерен именно механизм высокого сродства к биомолекулам костной ткани, способности образовывать ковалентные связи. Учитывая, что кальций и свинец распределяются, депонируются и метаболизируются практически идентично, выведение фиксированного в костях свинца возможно при снижении содержания кальция в крови [15]. В работах [47] это положение получило свое подтверждение, поскольку доказано, что при снижении уровня кальция в крови гомеостатические системы организма мобилизуют не только его, но и свинец из депо в костях.

В последние годы возрос научный интерес к вопросам функционирования костной системы при воздействии внешнесредовых факторов, особенно свинца [7, 8, 14, 31]. Свинец как остеотропный элемент избирательно накапливается в костной ткани в количестве до 90% у индивидов одного возраста и пола [33]. При этом, по данным Popović M. et al. (2005) [45], у женщин-плавильщиц в большеберцовой кости содержание свинца достоверно меньше, чем у мужчин, что актуализирует проблему индивидуального прогнозирования обмена остеотропных веществ.

Показано, что именно скелет характеризуется выраженной пластичностью и обладает чувствительной реакцией через обменные процессы на влияние экзогенных химических факторов [5].

Так, по данным Ахполовой В.О. (2011г.) [1], при экспериментальной

свинцовой интоксикации в дозе 40 мг/кг, содержание свинца в костях возрастает на 500% по сравнению с интактной группой животных. Моделирование кальциемии усиливает повреждающее действие свинца, приводя к возрастанию его накопления в костях, а экспериментальная гиперкальциемия, наоборот, снижает его накопление в костной ткани.

Сходные результаты были получены Peraza M.A. et al. (1998) [41], которые авторы объясняют известными антагонистическими взаимоотношениями свинца и его способностью вытеснять кальций из специфических мест связывания с лигандами и нарушать его пассивный транспорт. Свинец, как конкурентный биометалл по отношению к кальцию, может вытеснять его из избирательных мест связывания с фосфатными, карбоксильными и сульфатными лигандами в тканях и на клеточных мембранах, реализуя свое повреждающее действие на них через нарушение пассивного транспорта через мембраны.

В исследованиях механизма кумуляции свинца на крысах при воздействии 0,01 DL<sub>50</sub> ацетата свинца в течение 5 недель, содержание кальция в костях снижалось на 6,2-13,9%, что позволило авторам высказать предположение о том, что процесс накопления свинца в организме крыс в случае его избыточного экзогенного поступления не является пассивным, а связан с вытеснением кальция из костной ткани и, вероятно, из тканей внутренних органов (печень, мозг, селезенка), а также выведением его из крови. Однако материальная кумуляция не является беспредельной: при насыщении свинцом депо, способных к обмену (внутренние органы и кровь), процесс его депонирования переключается на костную ткань, накопление свинца в которой сопровождается значительной потерей кальция [10].

В экспериментальных исследованиях, при свинцовой интоксикации, наряду с нарушением химического состава костной ткани происходят морфологические изменения. Так, 3-х месячное введение с водой свинца в концентрации 230 мг/л вызывает дегенеративные нарушения

межпозвоночных дисков. Ацетат свинца в дозе 45 мг/кг в сутки влияет на рост и развитие структурной организации костной ткани в раннем онтогенезе вследствие эмбриотоксического эффекта [6]. Результаты исследований Ермошкаевой Э.П. (2004) [9] свидетельствуют о том, что свинец даже на уровне предельно допустимой дозы активно кумулируется в костной ткани и определяет морфологические нарушения в организме и костной ткани как взрослых крыс, так и в первом и втором поколениях экспонированных животных.

По данным ряда ученых [51] содержание в минерализованных тканях организма металлов коррелирует с их количеством в объектах окружающей среды, особенностями режима питания, патологией минерализованных тканей.

При воздействии свинца на организм, наряду с накоплением его в костной ткани, происходит угнетение митохондриального дыхания, усиление окисления липидов, нарушение кальциевого гомеостаза клетки [40].

Свинец при хронической низкодозовой нагрузке, которая чаще всего имеет место в реальных условиях крупных промышленных городов, нарушает обменные процессы в костной ткани. Так, клиническими исследованиями, выполненными [24] в г.Пермь установлено, что при содержании свинца в крови выше референтного уровня, происходит снижение интенсивности костного метаболизма у детей, как одна из причин резкого прироста среди них болезней костно-мышечного аппарата - на 1200% за последние 10 лет.

В реальных условиях промышленных городов постоянное комплексное поступление низкодозовых величин свинца в организм человека формирует высокий уровень его содержания уже в антенатальный период развития плода. Так, при исследовании содержания тяжелых металлов (Pb, Cd, Ni, Cu, Zn, Fe) в костной ткани 20-недельных плодов, матери которых являлись жительницами крупного промышленного города Украины, установлено, что



из абиотичных металлов только концентрация свинца была в 3 раза выше биологической нормы ( $0,29 \pm 0,17$  мкг/г), содержание же кадмия и никеля ей соответствовало, однако наблюдалось снижение эссенциальных металлов – меди, цинка, железа в 2-4 раза [25]. Автор связывает эти результаты с трансплацентарной миграцией металлов в организм плода в результате незрелости плаценты в этот критический период онтогенеза, биоантагонизмом металлов и эффектом мимикрии биогенных и абиогенных металлов, в результате которого незрелый плод принимает последние за жизненно важные соединения и накапливает их. Подобные результаты в условиях Одесской области получены и Никогосян Л.Р. (2011) [20].

На конференции американского педиатрического общества в Бостоне в 2000 году обсуждались настораживающие в социальном плане результаты исследований содержания свинца в костях 350 подростков 12-18 лет, которые выявили более высокие уровни ксенобиотика у тех из них, кто был осужден за правонарушение [56].

Установлено, что основой кристаллической фазы костей и зубов человека является дефектный карбонатный и кальцийдефектный гидроксиапатит, подвергающийся морфологическим, структурным, ультраструктурным и концентрационным изменениям в зависимости от возраста и внешних условий. При этом дефектность кристаллической структуры функционально обусловлена, но не изучена полностью [39, 57]. В зависимости от химического состава среды, на поверхности биоматериала путем обмена ионов осуществляются чрезвычайно быстрые структурные и концентрационные изменения. При этом изменения структурных характеристик самих кристаллов остаются минимальными. Именно это обеспечивает возможность отложения в скелетной и зубной ткани вполне удовлетворительного, функционально полноценного минерального вещества даже в условиях резкого колебания экологической ситуации и диеты, что позволяют костной ткани успешно выполнять две главные физиологические

функции - механическую и биохимическую, как депо минералов, поскольку в ней сосредоточено 99% кальция, 85% фосфора, 25% натрия и калия от общего их количества в организме [46].

Зубная ткань, как более доступный и неинвазивный биосубстрат для исследований, подчинена таким же закономерностям накопления остеотропных поллютантов - фтора, свинца, стронция и др., которая отражает процесс их длительной кумуляции в организме [8, 17, 28, 32, 48, 50, 54]. По мнению специалистов, структура зубов с хронической точностью фиксирует метаболические изменения в организме, поэтому возможности определения в зубах химических загрязнителей *in situ*, с использованием биопсиэмалиевых образцов, расширяет границы использования зубов в качестве монитора состояния здоровья человека [55].

Макроструктура зубов, с позиций биоминералогии, гораздо сложнее костной ткани. Она состоит из эмали, дентина. Если дентин и кость схожи между собой, то эмаль по химическому составу сильно отличается, поскольку не содержит органической фазы, являясь самым твердым материалом в организме и не восстанавливается, подобно остеокластам и остеобластам. В ней, как и в дентине, активно накапливаются остеотропные элементы, число которых свыше 30 - медь, стронций, цинк, алюминий, магний, свинец и др. Так, по данным [46] содержание свинца в ткани зуба в весовых % составляет 0,1(эмаль), 0,004 (дентин), 0,08 (кость). Его содержание в молочных зубах детей составляет  $4,0 \pm 1,1$  мкг/г, в постоянных -  $13,3 \pm 1,1$  мкг/г.

Концентрация свинца в зубах четко коррелирует не только с его содержанием в других биосубстратах человека, но и с поведенческими и эмоциональными нарушениями, а также с показателями интеллектуального развития. Так, у детей 7-12 лет, проживающих вблизи свинцово-цинкового производства, содержание данного токсиканта находился в пределах 2-32 мкг/г и различия в значениях умственных показателей, психомоторного

статуса и показателя IQ отмечался среди детей с концентрацией свинца в зубах выше 10 мкг/г [48, 52].

Техногенность происхождения свинца в зубах детского населения промышленных городов доказана в ряде работ. Так, содержание свинца и кадмия в зубной эмали бельгийских и кенийских детей градопромышленных территорий в 8 раз выше, нежели у детей сельских районов [37], у 3-4 летних грузинских детей промышленного города концентрация свинца в твердых тканях зубов составляет 7,21 мг/кг, что на 44,5% выше, чем у детей контрольного района [21]. Высокая степень техногенной детерминированности свинца в молочных зубах украинских дошкольников, проживающих в крупнейшем промышленном городе Украины - Днепропетровске, установлена в работе В.І.Главацької [4]. Концентрация свинца у детей составляет  $23,2 \pm 1,8$  мкг/г, что в 4,6 раза превышает рекомендованную Европейским бюро ВОЗ физиологическую норму и аналогичные данные детей контрольного города ( $5,1 \pm 1,1$  мкг/г). В верхних резцах содержание свинца в 1,4 раза статистически выше, чем в нижних. В этих же исследованиях математически доказана четкая зависимость содержания свинца в зубах с загрязнением им воздуха, пищи, а также с уровнем суммарного суточного поступления металла в организм.

Важные закономерности накопления свинца в альвелярных отростках получены в экспериментальных исследованиях на крысах Лахтіним Ю.В. [16]. Установлено, что при воздействии водного раствора нитрата свинца в концентрации 0,1 мг/л на альвелярные отростки челюстей, его содержание возросло в 31 раз, с  $0,13 \pm 0,04$  до  $100,6 \pm 48,6$  мкг/г по сравнению с контролем. В механизме воздействия свинца автор предполагает 2 пути влияния на костную ткань - непосредственное действие путем вставки ионов металла в вакуумные места, замены кальция на них, нарушения функциональных свойств кристаллов и деструкции, а также опосредованное воздействие, инициирующее оксидативный стресс, вызывающий морфофункциональные

преобразования, биохимические реакции, стимулирующие резорбтивные процессы в костной ткани.

Таким образом, аналитическое обобщение научных данных позволяет утверждать, что глобальный и опасный для человека токсикант - свинец формирует постоянство воздействия на организм человека с хронической низкодозовой нагрузкой ввиду широкого распространения в среде его обитания. Несмотря на низкую внешнюю экспозицию металла, в биосубстратах человека его уровни гораздо выше допустимых. При этом костная ткань, в силу анатомо-физиологических особенностей, избирательно кумулирует свинец в наибольших количествах, формируя внутренний дополнительный источник его воздействия на организм, потенцируя таким образом токсическое влияние ксенобиотика. Поэтому биомониторинговые данные о содержании свинца в костной ткани являются важным информативным показателем не только опасности, но и длительности, постоянства, комплексности его воздействия на организм, поскольку учитывают все пути поступления металла в организм, основанном на количестве вещества. В связи с вышеизложенным, предложенная академиком Г.И.Сидоренко концепция установления "допустимого уровня накопления химических элементов", приобретает особое значение в положении о максимально допустимой нагрузке на население с учетом влияния всех факторов окружающей среды, как новый уровень гигиенической регламентации вредных веществ для человека.

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Ахпалова В.О. Особенности развития почечных проявлений свинцовой интоксикации у крыс в условиях измененного кальциевого гомеостаза / В.О. Ахпалова: Автореф. дисс. ... к.мед.н. - Владикавказ, 2011. – 15 с.
2. Безель В.С. Моделирование обмена свинца в организме человека / В.С.Безель, О.Г.Архипова, Н.А.Павловская // Гиг.и сан. - 1984.- №4.- С.46-48.

3. Білецька Е.М. Гігієнічна оцінка сумарного надходження важких металів до організму в умовах промислових міст / Білецька Е.М. // Довкілля та здоров'я. - 1999.- Том 3, №2.- С.2-6.
4. Главацька В.І. Вміст свинцю у молочних зубах дітей промислового міста / В.І.Главацька // Довкілля та здоров'я.-2005.- №2.-С.54-56.
5. Григанов М.В. Варианты оссификации костей запястья у детей Астраханской области / М.В. Григанов // Морфология. - 2006. - №4. – С.12.
6. Грызлова Л.В. Влияние ацетата свинца на плацентарный барьер и на развитие костной ткани в раннем онтогенезе: экспериментальные исследования /Л.В.Грызлова: Автореф. дисс. ...к.биол.н. - Саранск, 2006.-16с.
7. Дабахов М.В. Тяжелые металлы: экотоксикология и проблемы нормирования / М.В.Дабахов, Е.В.Дабахова, В.И.Титова. - Н.Новгород: Изд-во ВВАГС, 2005. – 165 с.
8. Довгалюк Т.Я. Деякі зміни у скелеті й структурах кісткової тканини при надходженні свинцю в організм / Т.Я.Довгалюк, В.С.Пикалюк // Одеський медичний журнал. - 2000. - № 1(57). - С. 81-83.
9. Ермошкаева Э.П. Морфологические изменения в организме лабораторных крыс и их потомства при отравлении уксуснокислым свинцом и оксидом цинка / Э.П. Ермошкаева: Автореф. дисс. ... к.ветер.н.- Екатеринбург, 2004. - 16 с.
10. Зависимость изменения иммунных и биохимических механизмов поддержания гомеостаза от материальной кумуляции свинца в организме (экспериментальное исследование) / [Кундиев Ю.И., Стежка В.А., Дмитруха Н.Н. и др.]/// Медицина труда и пром. экология.- 2001.- № 5.- С.11-17.
11. Зербино Д.Д. Химические болезни // Лікування та діагностика. – 2003. - №4. – с. 10-13.
12. Измеров Н.Ф. Свинец и здоровье. Гигиенический и медико-биологический мониторинг / Н.Ф. Измеров. – М., 2000. - 256 с.

13. Кацнельсон Б.А. Биологическая профилактика интоксикаций неорганическими веществами / Б.А.Кацнельсон, Т.Д.Дегтярева, Л.И.Привалова // Токсикологический вестник. – 2004. - №9. – С. 19-23.
14. Коршунова В.В.Толерантность крыс к антропогенным загрязнителям (свинцу и кадмию) на фоне применения растительных добавок / В.В.Коршунова: Автореф. дис. ... к.биол.н. - Новосибирск, 2004.- 19с.
15. Куценко С.А. Основы токсикологии / С.А.Кученко. - Санкт-Петербург, 2002. - 119с.
16. Лахтін Ю.В. Особливості кумуляції важких металів в альвеолярному відростку щурів при їх надмірному надходженні / Ю.В.Лахтін //Загальна патологія та патологічна фізіологія.- 2012.- №7 (1).-С.69-74.
17. Луковенко В.П. Определение свинца в молочных зубах для оценки воздействия его на организм / В.П.Луковенко // Врачебное дело.-1990. - №4(943).- С.105-107
18. Микроэлементозы человека / [Авцын А.П., Жаворонков А.А., Риш М.А., Строчкова Л.С.]. - М.: Медицина,1991. – 496 с.
19. Мудрый И.В. Тяжелые металлы в окружающей среде и их влияние на организм/И.В.Мудрый, Т.К.Короленко//Врачебное дело.-2002.-№ 5-6.-С.6-10.
20. Никогосян Л.Р. Прогнозування антенатальної загибелі плода, враховуючи наявність важких металів / Л.Р.Нікогосян // Актуальные проблемы транспортной медицины. – 2011. - №1 (23). – С. 79-82.
21. Особенности элементного состава твердых тканей зубов в зависимости от состояния окружающей среды [Суладзе Н.Н., Шиш尼亚швили Т.Э., Маргвешвили В.В., Кобахидзе К.А.] //Медицинские новости Грузии.- 2014.- №1 (226).- С.7-11.
22. Отравление свинцом и здоровье. - Информац. бюллетень ВОЗ №379, сентябрь 2013.

23. Павловская Н.А. Клинико-лабораторные аспекты раннего выявления свинцовой интоксикации / Н.А.Павловская, Н.И.Данилова // Медицина труда и пром. экология. - 2001. - №5. – С.18-22.
24. Патогенетические связи маркеров костного метаболизма и клинико-лабораторных показателей у детей с хронической низкодозовой нагрузкой металлами [Зайцева Н.В., Устинова О.Ю., Землянова Б.А.,Кириянов Д.А. ] // Вестник Пермского университета. – 2009. - Вып. №9. С.168-176.
25. Плачков С.Ф. Важкі метали в плодах вагітних – мешканок великого індустріального міста та їх гігієнічна оцінка / С.Ф.Плачков // Медичні перспективи. – 2008. – Т XIII, № 4. – С 69-71.
26. Прохончук А.А. Гомеостаз костной ткани в норме и при экспериментальном воздействии / А.А.Прохончук, Н.А.Жижина, Р.А.Тигранян.- М.: Наука, 1984. - 200 с.
27. Рахманин Ю.А. Окружающая среда и здоровье: приоритеты профилактической медицины / Ю.А.Рахманин, Р.И.Михайлова // Сб. материалов пленума «Приоритеты профилактического здравоохранения и устойчивого развития общества: состояние и пути решения проблем, 12-13 дек. 2013/ под ред. Ю.А.рахманина. – М., 2013. – С.3-7».
28. Ревич Б.А. Биомониторинг токсических веществ в организме человека / Б.А.Ревич // Гиг. и санит.- 2004. - №6.-С.26-31.
29. Свинец и его действие на организм (обзор литературы) / [Корбакова А.И., Соркина Н.С., Молодкина Н.Н. и др.] // Медицина труда и промышленная экология. – 2001. - №5. - С. 29-34.
30. Свинець в умовах промислових міст: зовнішня експозиція, біомоніторинг, маркери дії та ефекту, профілактика / [Трахтенберг І.М., Білецька Е.Н., Демченко В.Ф. та ін.] //Довкілля та здоров'я.- Т.22, №3.- 2002.- С.10-12.
31. Сікора В.З. Порушення будови та мінерального складу кісток скелета в умовах впливу солей важких металів та її корекція помірними динамічними

навантаженнями / В.З.Сікора, К.А.Романюк // Вісник морфології. - 2009.- №15 (1).- С.29-30.

32. Скальный А.В. Диагностика, профилактика и лечение отравлений свинцом / А.В.Скальный, А.Т.Быков, Б.В.Лимин. - М.: Защита, 2002. - 52с.

33. Стариченко В.И. Индивидуальные особенности кинетики остеотропных веществ/ В.И.Стариченко: Автореферат дисс. ... д.мед.н. – Челябинск, 2007. – 50 с.

34. Трахтенберг И.М. Роль эндотелия в механизмах развития вазотоксических эффектов свинца / И.М.Трахтенберг, С.П.Луговской // Журнал АМН України. – 2005. – Т. 11, №1. – С. 63-74.

35. Тяжелые металлы внешней среды и их влияние на репродуктивную функцию женщин [Сердюк А.М., Белицкая Э.Н., Паранько Н.М., Шматков Г.Г.]. –Днепропетровск : АРТ – ПРЕСС, 2004.- 148с.

36. Эмсли Дж. Элементы / Дж. Эмсли.- М.: Изд-во “ МИР”, 1993.-25с.

37. A comparative study of the lead and cadmium content of surface enamel of Belgian and Kenyan children [Cleymae R., Retief P.Y. et al.] // Sce. Total Eniron.- 1990.- 104. - № 3.

38. Bernard S.S.F. Dosimetric data and metabolic model for Lead / S.S.F. Bernard // Health Phys. -N 32.-P. 44-46.

39. Boskey A.L. Bone mineral crystal size / A.L. Boskey // Osteoporos Int.- 2003. - V. 14 (Suppl 5).-S.16-21.

40. Choudhury H., Muydipolli A. Potential considerations, & conserns in the risk characterization for the interaction prefiles of metals / H.Choudhury, A.Muydipolli // Inohan G. Med Res. - 2008.-Vol.128 (4).- P.462-483.

41. Effects of micronutrients on metal toxicity [Peraza M.A., Ayalop-Fierro F., Barder D.S. et al.] // Environ Health Perspect. - 1998. -106 Suppl.1. - P.203-216.

42. Evidence Central: Skeletal lead release during bore resorption: effect of biphosphate treatment in apilot study / [Julson B., Mizon K., Smith H. et al.] // Environ. Health Perspect. – 2002. – Vol.110. - P.1017-1024.



43. Fischbach F.T. Manual of Laboratory and Diagnostic Tests / F.T.Fishbach, M.B.Dunning. - N/Y.: Lippincott Williams Wilkins, 2008. - 1344p.
44. Human tooth enamel as a record of the comparative lead exposure of prehistoric and modern people / [Budd P., Montgomery J., Evans J., Barreizo B.] // *Scientific Total Environment*. - 2000. -Vol.263.-P.1-10.
45. Impact of occupational exposure on lead levels in women / [Popovic M., Mc Neit F.E., Chettle D.R. et al.] // *Environ. Health Perspect.* - 2003.-Vol. 113., N4. - P.478-484.
46. Iross K.A. Biomedical Application of Apatites / K.A.Iross, C.C.Berndt. In Kohn M.I., Rakova I.Hughes I.M. (eds) *Phosphates: geochemical,geobiological and materials importance* // *Mineralogical Society of America. Series: Reviews in mineralogy and geochemical*. – 2002. - Vol. 48. - P.631-672.
47. Mahaffey K.R. Environmental lead toxicity: nutrition as a component of intervention / K.R.Mahaffey // *Environ Health Perspect.* - 1990 - N 89. - P. 75-78.
48. Michael B. Blood lead tooth relationship among Boston children / B.Michael, A.Leviton, D.Bellingez // *Bull. Environment and Toxicology*.-1989.- Vol. 43, N4.- P.485-492.
49. Patrick L. Lead toxicity: a review of the literature. Part 1:Exposure,evaluation and treatment / L.Patrick // *Alternative Medicine Review*.- 2006.-Vol. 11, № 1.-P.1-22.
50. Prevalence of lead poisoning among two year-old children in Vermont / [Paulozzi L.G., Shapp G., Drawbaugh R.E., Carney J.K.] // *Pediatrics*.-1995.- №96(1). - P.-78-81.
51. Properties of nanoscale particles on the basis of metals localized into biological tissues [Shpak A.D., Brik A.B., Karbovskiy V.L., Posenteld L.I.] // *Progress in physics of metals*.– 2003.-№ 4 (4).-P. 303-336.
52. Rabinowits M.B. Relating too blood lead levels in children / M.B.Rabinowits // *Bull. Environment Contamination And Toxicology*.-1995.- №6(55).-P.853-857.

53. Rosin A. The long-term consequences of exposure to lead / A.Rosin // IMAJ. - 2009.-Vol.11. - P.689-694.
54. The association between environ-mental lead exposure and bone dentisy in children / [G.E.Campbell, R.N.Rosier, L.Novotny, G.E.Puras] // Environ Health Perspect.- 2004.-Vol.112.-P.1200-1203.
55. The epidemiology of lead toxicity in adults: measuring close and consideration of other methodological issues / [Hu H., Shih R., Rthenberg R., Schwartz B.S.] // Environ.Health Perspect. - 2007. – Vol.115, N3. - P.455-462.
56. Wakefield I. The lead effect? / I. Wakefield // Enwiron. Health Perspect. - 2002. - ol. 10, N10. - P. A574-A580.
57. Wopenka B. A mineralogical perspective on the apatite in bone / B.Wopenka, I.D. Pasteris // Material science and engineering.- 2005. - Vol.C 25.- P. 131-143.
58. Yong-Soo Choi. Pathophysiology of degenerative disc disease / Yong-Soo Choi //Asian Spine G. - 2009. -Vol.3, N 1. - P.39-44.

## **Резюме**

# **ГІГІЄНІЧНІ АСПЕКТИ ОСТЕОТРОПНОСТІ СВИНЦЮ, ЯК ФАКТОРУ РИЗИКУ КАЛЬЦІЙДЕФІЦІТНОЇ ПАТОЛОГІЇ У ЛЮДИНИ (ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ)**

Білецька Е.М., Онул Н.М., Безуб О.В.

На сьогоднішній день проблема хімічного забруднення довкілля і внутрішнього середовища організму є надзвичайно актуальною. Серед всього спектру токсикантів особливу увагу вчені приділяють саме свинцю, оскільки він характеризується глобальністю розповсюдження в середовищі існування і політропністю дії на організм людини.

Мета роботи – на основі аналітичного узагальнення наукових даних встановити особливості впливу свинцю на формування та функціонування кісткової тканини, балансу кальцію в організмі.

Встановлено, що, незважаючи на низьку зовнішню експозицію металу, в биосубстратах людини його рівні набагато вище допустимих. При цьому кісткова тканина, в силу анатомо-фізіологічних особливостей, вибірково накопичує свинець, формуючи внутрішнє додаткове джерело його впливу на організм, потенціюючи таким чином токсичний вплив ксенобиотика. Тому біомоніторингові дані про вміст свинцю в кістковій тканині є важливим інформативним показником не тільки небезпеки, але і тривалості, постійності та комплексності його впливу на організм.

**Ключові слова:** свинець, фактор ризику, кісткова тканина, остеотропність, кальцій.